

#2

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 13 OCT 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

Martine PLANCHE

BEST AVAILABLE COPY

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)



6 bis, rue de Saint Pétersbourg  
5800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**  
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**BRI**  
N° 11354\*02

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire DB 540 W, 010391

<b>Réservé à l'INPI</b>		<b>1</b> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  CABINET BEAU DE LOMENTIE 158, rue de l'Université 75340 PARIS CEDEX 07
REMISE DES PIÈCES		
DATE <b>31 DEC 2002</b>		
LIEU <b>75 INPI PARIS</b>		
N° D'ENREGISTREMENT <b>0216905</b>		
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>31 DEC. 2002</b>		
Vos références pour ce dossier (facultatif) <b>1H272700/655.OB</b>		

<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>	<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>	Cocher l'une des 4 cases suivantes
Demande de brevet	<input checked="" type="checkbox"/>
Demande de certificat d'utilité	<input type="checkbox"/>
Demande divisionnaire	<input type="checkbox"/>
<i>Demande de brevet initiale</i>	N° _____ Date _____
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>	N° _____ Date _____
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>	<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____

**3 TITRE DE L'INVENTION** (200 caractères ou espaces maximum)

Procédé de réalisation d'un revêtement de protection thermique d'une structure de propulseur

<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>	Pays ou organisation _____ N° _____
	Date _____
	Pays ou organisation _____ N° _____
	Date _____
	Pays ou organisation _____ N° _____
	Date _____
	<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

<b>5 DEMANDEUR</b> (Cocher l'une des 2 cases)	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>
Nom ou dénomination sociale	SNECMA PROPULSION SOLIDE
Prénoms	
Forme juridique	Société Anonyme
N° SIREN	_____
Code APE-NAF	_____
Domicile ou siège	Les Cinq Chemins
Rue	
Code postal et ville	13 318 71 LE HAILLAN
Pays	FRANCE Française
Nationalité	
N° de téléphone (facultatif)	N° de télécopie (facultatif) _____
Adresse électronique (facultatif)	
	<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Réservé à l'INPI

ÉMISSION DES PIÈCES  
ATE

EU **31 DEC 2002**

° D'ENREGISTREMENT **75 INPI PARIS**

ATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

**0216905**

DB 540 W / 010601

**les références pour ce dossier :**  
*(facultatif)*

**1H272700/655.OB**

**6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)**

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

**CABINET BEAU DE LOMENIE**

N ° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

Adresse

Rue

**158, rue de l'Université**

Code postal et ville

**75340 PARIS CEDEX 07**

Pays

**FRANCE**

N ° de téléphone *(facultatif)*

**01 44 18 89 00**

N ° de télécopie *(facultatif)*

**01 44 18 04 23**

Adresse électronique *(facultatif)*

**7 INVENTEUR (S)**

**Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques**

Les demandeurs et les inventeurs  
sont les mêmes personnes

☐ Oui

☒ Non : **Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)**

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

**Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)**

Établissement immédiat  
ou établissement différé

☒

☐

Paiement échelonné de la redevance  
*(en deux versements)*

**Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt**

☐ Oui

☐ Non

**9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES**

**Uniquement pour les personnes physiques**

☐ Requête pour la première fois pour cette invention *(joindre un avis de non-imposition)*

☐ Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention *(joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence)* : AG

Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite »,  
indiquez le nombre de pages jointes

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE**  
(Nom et qualité du signataire)

*JJ*

**Jean-Jacques JOLY CPI N° 92.1123**

**VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI**

**M MARTIN**

5

Arrière-plan de l'invention

La présente invention est relative à un procédé de réalisation d'un revêtement de protection thermique interne et/ou externe d'une structure de propulseur notamment de propulseur à propergol solide. Elle vise également un procédé de réalisation d'une structure de propulseur et la structure de propulseur ainsi réalisée.

La structure d'un propulseur à propergol solide se compose essentiellement d'une enveloppe résistante, par exemple en matériau composite, habituellement munie d'un revêtement interne de protection thermique qui doit remplir trois fonctions essentielles : protéger thermiquement l'enveloppe résistante en composite de l'agression des gaz chauds résultant de la combustion du propergol, atténuer les contraintes mécaniques engendrées par la déformation sous pression de l'enveloppe résistante pendant la phase de combustion du propergol, et assurer l'étanchéité de l'enveloppe résistante contre les fuites de gaz.

Il existe différents procédés pour appliquer les revêtements de protection thermique à l'intérieur de l'enveloppe résistante de la structure de propulseur. L'un d'entre eux consiste, à partir d'un caoutchouc élaboré par des moyens classiques de l'industrie du caoutchouc (mélangeurs à cylindre, mélangeurs internes, ...) à l'état de semi-produit non vulcanisé et de consistance visqueuse, à transformer ce caoutchouc en feuilles d'élastomère destinées à être découpées puis drapées sur un mandrin avant vulcanisation en autoclave. Les différents éléments de protection thermique ainsi réalisés sont alors désassemblés de leurs mandrins respectifs pour être assemblés sur un autre mandrin (généralement métallique et démontable) utilisé pour le bobinage filamentaire de l'enveloppe en composite sur la protection thermique ainsi constituée. Ce procédé conduit à des longs cycles de réalisation qui confèrent à cette technologie un coût de mise en œuvre particulièrement élevé. En effet, il nécessite un nombre important d'outillages et présente en outre une

succession d'opérations discontinues dont certaines sont manuelles.

L'utilisation de plusieurs mandrins différents au cours de toutes les étapes de réalisation du procédé s'avère être également fastidieuse et rallonge la durée du cycle de réalisation.

- 5           Un autre type de procédé connu permet de réduire les coûts de mise en œuvre. Il consiste à recouvrir un mandrin d'une couche d'élastomère avant de former l'enveloppe résistante de la structure du propulseur par enroulement filamenteux d'un matériau composite. Selon un tel procédé, la couche d'élastomère est réalisée par dépose d'un ruban
- 10 extrudé sur toute la surface externe d'un mandrin en rotation. Le revêtement ainsi obtenu est alors vulcanisé en autoclave avant l'enroulement filamenteux. Bien qu'un tel procédé permette de simplifier le procédé de réalisation du revêtement interne de protection thermique, il nécessite encore l'emploi d'outillages complexes comme une extrudeuse et
- 15 présente donc toujours un coût de mise en œuvre élevé. En particulier, il est nécessaire de vulcaniser le revêtement afin de lui conférer les caractéristiques mécaniques et thermiques souhaitées. Cette opération de vulcanisation en autoclave s'effectue sous l'effet conjugué de la pression (généralement de l'ordre de 1 à 3 MPa) et de la température (typiquement
- 20 de l'ordre de 140 à 180°C). Il en résulte qu'il est nécessaire de dimensionner mécaniquement le mandrin par rapport à la pression de l'autoclave, ce qui conduit à des définitions de mandrin plus complexes que dans le cas où l'on utilise un mandrin spécifique pour l'opération d'enroulement filamenteux de la structure.

- 25           Par ailleurs, les revêtements souples de protection thermique font appel à des caoutchoucs (association d'ingrédients spécifiques) formulés spécialement pour assurer les trois fonctions principales mentionnées précédemment, à savoir résistance à l'ablation vis-à-vis de l'agression thermique et mécanique des gaz de combustion du propergol,
- 30 isolation thermique de la structure et atténuation des contraintes mécaniques. En outre, étant donné que l'optimisation des performances d'un propulseur à propergol solide passe par la réduction du poids des masses inertes (dont fait partie la protection thermique interne), il en résulte que le matériau idéal pour la réalisation de cette protection
- 35 thermique interne doit présenter une très bonne résistance à l'ablation vis-à-vis de l'agression thermique et mécanique des gaz de combustion

associée à une faible densité et une faible conductivité thermique. Or, les principes de formulation permettant d'obtenir d'une part une bonne résistance à l'ablation et d'autre part une faible densité généralement associée à une faible conductivité thermique sont antagonistes de sorte qu'il en résulte, dans le cas où un seul matériau est utilisé pour assurer la fonction de protection thermique, une recherche de compromis en termes de caractéristiques thermiques et ablatives. Cette recherche de compromis conduit le plus souvent à une solution qui n'est pas optimale pour les performances du propulseur. Pour pallier cet inconvénient, des solutions de protection thermique à gradient de fonction peuvent être envisagées. Ces solutions consistent à utiliser, au niveau des couches du revêtement thermiques qui sont directement exposées aux gaz de combustion, un matériau à bonne résistance à l'ablation ayant généralement une densité élevée, et, au niveau des couches sous jacentes qui ne sont pas exposées durant toute la phase de fonctionnement du propulseur, un matériau à faible densité ayant généralement une faible conductivité thermique. Cependant, ces solutions sont très rarement appliquées car génératrices de surcoûts de réalisation aussi bien au niveau de l'élaboration du caoutchouc à l'état de semi-produit non vulcanisé qu'au niveau de la réalisation proprement dite des éléments de protection thermique.

#### Objet et résumé de l'invention

La présente invention vise donc à pallier de tels inconvénients en proposant un procédé de réalisation d'un revêtement de protection thermique d'une structure de propulseur qui réduit considérablement les opérations de mise en œuvre afin de simplifier les cycles de réalisation et les outillages nécessaires. Ce procédé selon l'invention permet d'obtenir un revêtement remplissant de manière optimale les fonctions associées à un revêtement de protection thermique d'une structure de propulseur. L'invention vise également à proposer un procédé permettant de réaliser tout aussi bien une protection thermique interne qu'une protection thermique externe d'une structure de propulseur. L'invention vise également la réalisation d'une structure de propulseur munie d'un revêtement de protection thermique interne et/ou externe tel qu'obtenu par le procédé, ainsi qu'une structure de propulseur ainsi réalisée.

A cet effet, il est prévu un procédé de réalisation d'un revêtement de protection thermique d'une structure de propulseur, caractérisé en ce qu'il consiste à doser et mélanger de façon continue au moins un polyuréthane avec un mélange d'agents de polymérisation dans lequel ont été préalablement dispersées des charges spécifiques, à revêtir une surface de support cylindrique en rotation par la coulée en continu d'un ruban en spires jointives de mélange ainsi obtenu, et à pré-polymériser à pression ambiante le revêtement ainsi obtenu de sorte que le polyuréthane devienne suffisamment polymérisé pour être sollicité mécaniquement.

De la sorte, il est possible, par rapport aux procédés précédemment décrits, de réduire de façon importante les cycles de réalisation du revêtement de protection thermique et donc les coûts de fabrication de celui-ci. En effet, les différentes étapes du procédé selon l'invention peuvent être effectuées sur un seul poste de travail multifonctions et se succéder de façon continue et sans interruption en ce qui concerne les étapes de mélangeage et de coulée, et peuvent être presque entièrement automatisées.

Le mélange destiné à revêtir la surface de support se compose notamment d'un polyuréthane de type pré-polymère. De préférence, celui-ci est à terminaison isocyanate et résulte avantageusement de la réaction d'un polyéther avec du diphényl-méthane-diisocyanate. Les agents de polymérisation sont avantageusement de type amine et/ou de type polyol. De plus, on choisira de préférence des charges pulvérulentes et/ou fibreuses. Les charges pulvérulentes peuvent être de type silice et/ou un trioxyde d'antimoine et/ou des composés chlorés et/ou des microballons de verres et/ou des microballons de silice et/ou des microballons acrylonitrile. Les charges fibreuses peuvent être discontinues de type aramide et/ou de type cellulosique.

Un tel mélange est remarquable en ce qu'il se présente, malgré le taux de charges important nécessaire pour assurer la fonction de protection thermique, dans un état sensiblement liquide à sa sortie d'une tête de coulée, se gélifie rapidement pour ne pas couler hors de la surface de support lors de sa dépose sur celle-ci et passe, après sa pré-polymérisation à pression ambiante, à un état partiellement mais

suffisamment polymérisé pour que le revêtement puisse être sollicité mécaniquement.

En faisant varier en continu et de façon automatisée différents paramètres du procédé (tels que le taux des différents agents de polymérisation, le débit de coulée, la vitesse de rotation de la surface de support, la vitesse de déplacement de la tête de coulée), il est possible de déposer des épaisseurs variables sur des surfaces aussi bien cylindriques que sphériques. De plus, dans le cas de la réalisation d'un revêtement de protection thermique de forte épaisseur, il est également possible d'effectuer la dépose en plusieurs passages successifs tout en gardant le caractère continu et automatisé du procédé.

Les dosages du polyuréthane et des agents de polymérisation peuvent varier de façon à obtenir un premier et au moins un second mélange. Dans ce cas, et tout en gardant le caractère continu et automatisé du procédé, il est possible de réaliser un revêtement de la surface de support en superposant une coulée d'un ruban d'un premier mélange, par exemple ayant une bonne résistance à l'ablation vis-à-vis des gaz de combustion, et une coulée d'un ruban d'un second mélange, par exemple ayant une faible densité et une faible conductivité thermique.

Le procédé peut en outre comporter une étape d'usinage du revêtement pré-polymérisé à un profil extérieur voulu. Il peut également être prévu une ultime étape consistant à polymériser le revêtement pré-polymérisé par cuisson.

Le procédé de réalisation d'une structure de propulseur selon l'invention consiste à munir une enveloppe résistante d'un revêtement interne et/ou d'un revêtement externe de protection thermique réalisé selon le procédé décrit ci-dessus.

Un tel procédé peut s'appliquer à la réalisation d'une structure de propulseur dans lequel la surface de support utilisée pour la réalisation d'un revêtement interne de protection thermique est une surface externe d'un mandrin en rotation. L'enveloppe résistante du propulseur est ensuite déposée et adhésivée sur une surface externe du revêtement ainsi réalisé. Lorsque l'enveloppe résistante du propulseur est obtenue par enroulement filamentaire d'un matériau composite, cet enroulement de matériau composite est de préférence polymérisé simultanément avec la



polymérisation du revêtement par cuisson. La structure de propulseur ainsi réalisée est alors désassemblée du mandrin.

- 5 Ce procédé peut également s'appliquer à la réalisation d'une structure de propulseur dans lequel la surface de support utilisée pour la réalisation d'un revêtement interne de protection thermique est une surface interne de l'enveloppe résistante du propulseur. Dans ce cas, l'enveloppe résistante du propulseur qui est de préférence obtenue par enroulement filamentaire d'un matériau fibreux préimprégné sur une surface externe d'un mandrin est réalisée préalablement au revêtement.
- 10 Après désassemblage du mandrin de l'enveloppe ainsi obtenue, le revêtement de protection thermique interne est alors réalisé sur une surface interne de celle-ci et il est de préférence polymérisé par cuisson simultanément avec la polymérisation de l'enroulement filamentaire.

- 15 Enfin, le procédé peut s'appliquer à la réalisation d'une structure de propulseur ayant une enveloppe résistante munie d'un revêtement de protection thermique externe, seul ou en combinaison avec un revêtement de protection thermique interne. Dans ce cas, le revêtement de protection thermique externe est déposé et adhérisé sur une surface externe de l'enveloppe résistante toujours selon le même procédé.

20

#### Brève description du dessin

- 25 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence au dessin unique annexé qui en illustre un exemple de mise en oeuvre dépourvu de tout caractère limitatif.

#### Description détaillée d'un mode de réalisation

- 30 Selon l'invention, le procédé de réalisation d'un revêtement de protection thermique d'une structure de propulseur consiste essentiellement à :
- a) doser et mélanger de façon continue au moins un polyuréthane avec un mélange d'agents de polymérisation dans lequel ont été préalablement
- 35 dispersées des charges spécifiques ;

- b) revêtir une surface de support cylindrique en rotation par la coulée en continu d'un ruban en spires jointives de mélange ainsi obtenu ; et  
 c) pré-polymériser à pression ambiante le revêtement ainsi obtenu de sorte que le polyuréthane devienne suffisamment polymérisé pour être sollicité mécaniquement.

Ces étapes de mise en œuvre du procédé sont réalisées à l'aide de dispositifs de réalisation de revêtements cylindriques. De tels dispositifs diffèrent des dispositifs de réalisation de revêtements de protection thermique interne connus de l'art antérieur en ce que les moyens de dépôt du revêtement mettent en œuvre de simples moyens de coulée et non des moyens d'extrusion. A ce titre, ces dispositifs ne sont pas décrits en détails dans la présente demande. Typiquement, ces dispositifs se classent en deux catégories : les dispositifs qui forment un revêtement sur la surface externe d'un mandrin en rotation, l'enveloppe résistante du propulseur étant postérieurement déposée et adhérisée sur le revêtement ainsi formé ; et les dispositifs qui forment un revêtement directement sur la surface interne ou la surface externe de l'enveloppe résistante du propulseur.

La figure unique illustre un exemple de dispositif appartenant à la première catégorie. Toutefois, la présente invention peut être mise en œuvre par des dispositifs appartenant indifféremment à l'une ou l'autre de ces deux catégories. Sur la figure, le dispositif de réalisation d'un revêtement de protection thermique comporte un mandrin 2, par exemple métallique, monté sur un arbre rotatif 4 maintenu par une poupée motrice 6 et un bâti mobile 8. Le mandrin 2 peut tourner en continu dans le sens de la flèche E. Un banc longitudinal 10, parallèle au mandrin 2, sert de support à un chariot 12 capable de se déplacer longitudinalement sur le banc. Une tête de coulée 14 est portée par le chariot 12 par l'intermédiaire d'un axe 16 perpendiculaire à l'axe du mandrin et du banc. Ainsi, la tête de coulée 14 peut se déplacer parallèlement à l'axe du mandrin et du banc dans le sens de la flèche D. La tête de coulée 14 est reliée par l'intermédiaire de conduits et de pompes doseuses (non représentés) à différents récipients (non représentés) dans lesquels les différents composants du revêtement sont stockés.

L'étape a) du procédé selon l'invention consiste à préparer de façon continue le mélange contenant du polyuréthane destiné à former le

revêtement de protection thermique. A titre d'exemple, le polyuréthane peut être un pré-polymère du type à terminaison isocyanate. De préférence, ce pré-polymère de polyuréthane résulte de la réaction d'un polyéther avec du diphényl-méthane-diisocyanate. Le polyuréthane est dosé et mélangé dans la tête de coulée 14 avec des agents de polymérisation dans lequel ont été préalablement dispersées des charges spécifiques. A cet effet, le polyuréthane, le ou les différents agents de polymérisation (catalyseurs) et la ou les différentes charges sont chacun stockés dans un récipient qui leur est propre. A l'aide des conduits et des pompes doseuses reliées à ces récipients, il est alors possible d'acheminer les composants voulus en quantité et à débit voulu vers la tête de coulée. Ainsi, le dosage des composants peut varier en continu sans pour autant interrompre la coulée du mélange obtenu. Le ou les agents de polymérisation sont choisis pour leurs caractéristiques rhéologiques et de polymérisation de façon que le polyuréthane passe d'un état sensiblement liquide à sa sortie de la tête de coulée à un état suffisamment visqueux pour adhérer à la surface externe du mandrin 2 sans couler hors de celle-ci. Le « temps de prise » du mélange ainsi obtenu doit donc être très court. Par exemple, on pourra utiliser comme agents de polymérisation des amines et/ou des polyols. De plus, on choisira de préférence des charges pulvérulentes ou fibreuses. Les charges pulvérulentes peuvent être de type silice et/ou un trioxyde d'antimoine et/ou des composés chlorés et/ou des microballons de verres et/ou des microballons de silice et/ou des microballons acrylonitrile. Les charges fibreuses peuvent être discontinues de type aramide et/ou de type cellulosique.

Par ailleurs, il est possible d'ajuster le dosage des différents composants formant le mélange au cours de la coulée de celui-ci, par exemple dans le but de réaliser des revêtements ayant plusieurs couches superposées présentant chacune des formulations différentes de mélange, le passage d'une formulation à une autre pouvant être progressif ou non.

L'étape b) du procédé consiste à revêtir la surface externe du mandrin 2 par la coulée en continu en spires jointives d'un ruban 18 de mélange ainsi obtenu. Le mélange coule à la sortie de la tête de coulée 14 sur la surface externe du mandrin et forme ainsi un ruban 18 continu. Le « temps de prise » du polyuréthane étant rendu très court par l'ajout des agents de polymérisation, le ruban 18 de mélange se gélifie pour devenir

visqueux et pour ne pas couler lors de la rotation continue du mandrin. Grâce à l'ajustement en cours de coulée du dosage des différents ingrédients formant le mélange (tels que le taux des différents agents de polymérisation) et des paramètres de fonctionnement du dispositif de revêtement (tels que la vitesse de rotation du mandrin 2, la vitesse d'avance du chariot 12 ou encore le débit de mélange à la sortie de la tête de coulée 14), il est ainsi possible d'obtenir la coulée d'un ruban 18 en spires parfaitement jointives formant un revêtement d'épaisseur régulière et calibrée sur toute la surface externe du mandrin. Il est toutefois également possible de déposer des épaisseurs variables sur des surfaces aussi bien cylindriques que sphériques. De plus, dans le cas de la réalisation d'un revêtement de protection thermique de forte épaisseur, il est également possible d'effectuer la dépose en plusieurs passages successifs tout en gardant le caractère continu et automatisé du procédé.

15           Au cours de l'étape c) du procédé, le revêtement ainsi obtenu est pré-polymérisé. Cette étape de pré-polymérisation s'effectue à pression ambiante, et avantageusement à température ambiante. Elle ne nécessite donc pas d'autoclave ce qui réduit considérablement les coûts de mise en œuvre du procédé. Cette phase de pré-polymérisation permet au revêtement de passer d'un état sensiblement visqueux à un état suffisamment polymérisé pour être sollicité mécaniquement, par exemple au cours d'étapes ultérieures d'usinage ou de sur-bobinage. Ce changement d'état du revêtement peut se comprendre par le fait que le polyuréthane liquide est mélangé avec un ou plusieurs catalyseurs de polymérisation.

25           Par ailleurs, il peut être prévu, postérieurement à cette étape de pré-polymérisation, d'usiner le revêtement afin d'adapter son profil extérieur au profil requis pour le dépôt et l'adhésion de l'enveloppe résistante du propulseur.

30           Une ultime étape de polymérisation par cuisson du revêtement ainsi pré-polymérisé peut être prévue. Cette cuisson du revêtement s'effectue également sous pression ambiante en étuve. Elle permet de conférer au revêtement ses propriétés mécaniques et thermiques optimales. La cuisson peut être assurée avant le dépôt et l'adhésion de l'enveloppe résistante du propulseur (notamment lorsque celle-ci est

35 l'enveloppe résistante du propulseur (notamment lorsque celle-ci est métallique) ou après le dépôt et l'adhésion de celle-ci. En particulier,

**BEST AVAILABLE COPY**

lorsque l'enveloppe résistante du propulseur est réalisée par enroulement  
filamentaire d'un matériau fibreux préimprégné (par exemple bobinage  
d'un fil de carbone, de verre ou de polyaramide imprégné d'une résine  
thermodurcissable non polymérisée) sur la surface externe du revêtement,  
5 il est avantageux de réaliser la polymérisation du revêtement  
simultanément avec la phase de polymérisation d'un tel bobinage  
filamentaire. Dans ce cas, l'étape de polymérisation simultanée peut  
permettre en outre d'obtenir la liaison entre le revêtement et la structure  
composite par l'intermédiaire d'un agent d'adhésion préalablement  
10 déposé sur la surface externe du revêtement.

Le procédé selon l'invention tel que décrit ci-dessus en  
référence à la figure est mis en œuvre par un dispositif qui forme un  
revêtement interne par coulée d'un ruban sur la surface externe d'un  
mandrin en rotation, l'enveloppe résistante du propulseur étant  
15 postérieurement déposée et adhésivée sur le revêtement ainsi formé. Le  
procédé selon l'invention s'applique également à un dispositif qui forme le  
revêtement interne par coulée d'un ruban directement sur la surface  
interne de l'enveloppe résistante du propulseur. Dans ce cas, l'enveloppe  
creuse de la structure du propulseur, métallique ou avantageusement en  
20 matériau composite polymérisé, est préalablement réalisée au revêtement  
de protection thermique puis mise en rotation entre une poupée motrice  
et un bâti mobile. Le dispositif de revêtement comprend également une  
tête de coulée pouvant se déplacer à l'intérieur de l'enveloppe du  
propulseur, le long de son axe longitudinal. Le procédé de réalisation du  
25 revêtement de protection thermique est identique à celui décrit  
précédemment. Préalablement à l'étape de coulée en continu d'un ruban  
en spires jointives de mélange, la surface interne de l'enveloppe du  
propulseur est dégraissée et traitée à l'aide d'un agent d'adhésion. Une  
fois la surface interne de l'enveloppe résistante revêtue, le revêtement  
30 obtenu est pré-polymérisé à température et pression ambiante, puis  
éventuellement usiné. Le revêtement peut être également soumis à une  
polymérisation en étuve. Dans cette configuration, le procédé selon  
l'invention génère également un gain en terme de réduction des coûts de  
réalisation.

35 De même, le procédé selon l'invention peut s'appliquer à la  
réalisation d'un revêtement de protection thermique externe pour

structure de propulseur. Un tel revêtement externe est déposé et adhérisé sur une surface externe de l'enveloppe résistante de la structure du propulseur. Ce revêtement de protection thermique externe peut être utilisé soit seul, soit en combinaison avec un revêtement de protection thermique interne. Dans le cas d'une enveloppe résistante en matériau composite munie à la fois d'un revêtement interne et d'un revêtement externe, il est avantageux de réaliser la polymérisation des deux revêtements simultanément avec la phase de polymérisation du bobinage filamentaire de l'enveloppe résistante.

L'adhérisation entre le ou les revêtements de protection thermique et l'enveloppe résistante de la structure de propulseur est obtenue soit à l'aide d'un agent d'adhérisation de type connu soit en utilisant un film de polyuréthane adhésif. Dans ce dernier cas, un tel film est obtenu par un dosage du polyuréthane formulé spécialement comme adhésif dans la tête de coulée 14 et son dépôt est réalisé par coulée d'un ruban continu en spires jointives, selon le procédé de l'invention. Cette solution permet d'éviter l'utilisation de certains agents d'adhérisation connus tels que les isocyanates déposés à l'aide d'un pistolet qui posent des problèmes de sécurité et d'environnement car nécessitant l'emploi de solvants.

Des exemples de réalisation du procédé selon l'invention ont été réalisés dans les conditions suivantes :

Exemple 1 (revêtement en polyuréthane chargé en silice) :

Les différents constituants définis dans le tableau I ci-dessous ont été dosés puis mélangés dans la tête de coulée 14 du dispositif de coulée illustré par la figure.

**Tableau I**

Constituants	Parties en poids
Pré-polymère MDI – Polyéther	100
Polytétrahydrofurane	510
Mélange d'amines	27,7
Silice traitée silane	179
Catalyseur	0,4

- Le mélange obtenu a été déposé par la coulée en continu d'un ruban en spires jointives sur la surface externe d'un mandrin cylindrique en rotation (mandrin de diamètre 0,3 m et de longueur 1 m). Le débit de coulée du mélange, la vitesse de rotation du mandrin et la vitesse de déplacement de la tête de coulée ont été réglés de façon à déposer en deux passes successives de 5 mm un revêtement d'épaisseur uniforme de 10 mm. Après une pré-polymérisation de deux jours environ à température ambiante et une polymérisation de deux heures à 140°C (afin de simuler le cycle de polymérisation d'une enveloppe résistante en matériau composite), le revêtement I ainsi réalisé a été désassemblé de son mandrin afin de subir certains tests de résistance propre aux protections thermiques internes, à savoir : résistance mécanique en traction, résistance thermique (conductivité thermique et chaleur spécifique) et tests des caractéristiques en tir (mesure de la vitesse d'érosion sous l'agression thermique et mécanique des gaz de combustion d'un propergol). Les résultats de ces tests sont exposés dans le tableau II ci-dessous, en comparaison avec un revêtement II classique de protection thermique réalisé à base de caoutchouc gomme EPDM chargé en silice.

**Tableau II**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Revêtement I</b>	<b>Revêtement II</b>
Densité	1,17	1,1
Résistance à la rupture en traction (MPa)	17,1	13
Allongement à la rupture en traction (%)	380	400
Module sécant en traction à 100% d'allongement (MPa)	4,6	4
Conductivité thermique (W/m/°C)	0,26	0,25
Chaleur spécifique (J/°K/g)	1,76	1,8
Vitesse d'érosion en tir (mm/s)	0,14	0,13

D'après les résultats énumérés dans ce tableau, on remarque que les caractéristiques en résistance du revêtement I obtenu selon le procédé de

l'invention sont très proches de celles du revêtement II classiquement obtenu.

5 Exemple 2 (revêtement à faible densité en polyuréthane chargé de microballons en verre) :

Les différents constituants définis dans le tableau III ci-dessous ont été dosés puis mélangés dans la tête de coulée 14 du dispositif de coulée illustré par la figure.

10

**Tableau III**

Constituants	Parties en poids
Pré-polymère MDI – Polyéther	100
Polytétrahydrofurane	510
Mélange d'amines	27,7
Microballons de verre (densité 0,2)	96
Catalyseur	0,4

15 Les conditions, les outils de dépose et les étapes de pré-polymérisation du mélange ainsi obtenu sont les mêmes que celles décrites dans l'exemple 1. Après ces étapes, le revêtement III ainsi réalisé a été désassemblé de son mandrin afin de subir des tests analogues à ceux réalisés précédemment. Les résultats sont consignés dans le tableau IV ci-dessous.

**Tableau IV**

Caractéristiques	Revêtement III
Densité	0,68
Résistance à la rupture en traction (MPa)	8
Allongement à la rupture en traction (%)	440
Module sécant en traction à 100% d'allongement (MPa)	4,6
Conductivité thermique (W/m/°C)	0,15
Chaleur spécifique (J/°K/g)	1,75



Les densités mesurées sur des prélèvements effectués en différents points du revêtement III sont d'environ 0,68 ce qui est proche de la densité théorique (0,66) calculée sur la base du taux et de la densité des différents constituants. Ceci montre que les microballons de verre sont peu affectés durant toutes les phases de mélangeage des différents constituants. Par ailleurs, aucun défaut de matière de type bulle ou de mauvaise adhésion entre les deux couches n'a été relevé.

10 Exemple 3 (revêtement avec superposition de couches correspondant à différentes formulations) :

Les différents constituants de la formulation définie dans l'exemple 1 ont été dosés puis mélangés dans la tête de coulée du dispositif de coulée. Le mélange obtenu a été déposé par la coulée en continu d'un ruban en spires jointives sur la surface externe d'un mandrin cylindrique en rotation (mandrin de diamètre 0,3 m et de longueur 1 m). Le débit de coulée du mélange, la vitesse de rotation du mandrin et la vitesse de déplacement de la tête de coulée ont été réglés de façon à déposer en une passe une couche d'épaisseur 5 mm. Après une pré-polymérisation d'une heure à température ambiante, le procédé a été réitéré avec les constituants de la formulation définie dans l'exemple 2. La coulée de ce mélange a été effectuée en deux passes successives de 5 mm chacune afin d'obtenir une couche d'épaisseur 10 mm. Après une pré-polymérisation de deux jours à température ambiante, puis polymérisation de deux heures à 140°C (afin de simuler le cycle de polymérisation d'une enveloppe résistante en matériau composite), le revêtement ainsi réalisé a été désassemblé de son mandrin afin de subir divers tests. Les épaisseurs de la couche ayant la formulation de l'exemple 1 varient entre 4,6 et 5,2 mm. De même, les épaisseurs de la couche ayant la formulation de l'exemple 2 sont comprises entre 9,3 et 10,1 mm. Aucun défaut de type bulle ou de mauvaise adhésion entre les couches n'a été décelé.

Exemple 4 (revêtement en polyuréthane chargé en silice revêtue d'une enveloppe résistante en carbone époxy) :

- 5 Les différents constituants de la formulation définie dans l'exemple 1 ont été dosés puis mélangés dans la tête de coulée du dispositif de coulée. Le mélange obtenu a été déposé par la coulée en continu d'un ruban en spires jointives sur la surface externe d'un mandrin cylindrique en rotation (mandrin de diamètre 0,3 m et de longueur 1 m). Le débit de coulée du
- 10 mélange, la vitesse de rotation du mandrin et la vitesse de déplacement de la tête de coulée ont été réglés de façon à déposer en une passe une couche d'épaisseur 5 mm. Après une pré-polymérisation de sept jours à température ambiante (afin de simuler de façon réaliste dans le cadre d'un cycle industriel un temps d'attente maximum entre la dépose du
- 15 revêtement de protection thermique et le bobinage filamentaire d'une structure en composite), une fibre de carbone imprégnée par voie humide d'une résine d'époxy de classe 120°C est bobinée en circonférentiel sur le revêtement sur une épaisseur de 4 mm environ. Après bobinage, le mandrin ainsi équipé est mis en étuve ventilée pour un cycle de
- 20 polymérisation consistant en une montée en température de 1° par minute jusqu'à 140°C, suivie d'un plateau de deux heures à 140°C et d'une descente en température de 1° par minute. Dans la structure ainsi obtenue, sont prélevées par usinage des éprouvettes de 25 mm de large, d'épaisseur environ 9 mm et de longueur curviligne d'environ 300 mm. Sur
- 25 ces éprouvettes, l'adhésion entre le revêtement de protection thermique et l'enveloppe résistante a été testée à l'aide d'un outillage spécifique de traction et par un test de pelage avec un angle de 90° environ entre l'enveloppe et la languette de revêtement par le biais de laquelle la traction s'exerce. Dans ces conditions d'essais, l'effort de traction à
- 30 exercer pour désassembler le revêtement de l'enveloppe est supérieur à 25 daN, ce qui correspond à une bonne adhésion entre ces deux éléments.

La présente invention présente de nombreux avantages, et notamment :

- 35 - elle fait appel à une série d'opérations automatiques qui se succèdent de façon continue. En effet, les dispositifs de revêtement utilisés permettent

---

d'assurer en opérations continues le dosage et le mélangeage des ingrédients et la coulée du mélange obtenu. La pré-polymérisation du revêtement obtenu ne nécessite pas de mise en étuve ce qui permet d'utiliser le même support pour l'éventuelle phase de polymérisation ;

- 5 - elle conduit à des cycles courts de réalisation, réduit le temps de mise en œuvre et l'outillage nécessaire et diminue donc les coûts de réalisation du revêtement. Le nombre de postes de travail est en particulier réduit puisque à partir d'un poste unique, il est possible de mettre en œuvre les étapes de revêtement, d'usinage, de pré-polymérisation et d'un éventuel
- 10 bobinage. Il n'est en outre pas nécessaire de désassembler le revêtement de son support afin de procéder à l'étape de polymérisation ce qui simplifie cette étape du procédé. Lorsque l'enveloppe résistante du propulseur est réalisée par bobinage filamentaire d'un matériau composite, il est également possible d'utiliser directement le mandrin
- 15 servant ultérieurement à cette étape de bobinage. Ainsi, il est envisageable de réaliser des grandes structures de propulseur ;
- elle permet d'obtenir un revêtement de protection thermique ayant des caractéristiques améliorées. En effet, il est possible de réaliser des revêtements ayant plusieurs couches superposées de composition
- 20 différente (comme décrit dans l'exemple 3). Par exemple, on pourra déposer une première couche d'épaisseur adéquate et formulée spécifiquement pour présenter une bonne résistance à l'ablation vis-à-vis de l'agression thermique et mécanique engendrée par la combustion des gaz et une seconde couche, superposée à la première, formulée
- 25 spécialement pour présenter une faible densité et une faible conductivité thermique.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un revêtement de protection thermique d'une structure de propulseur, caractérisé en ce qu'il consiste  
5 à :  
- doser et mélanger de façon continue (14) au moins un polyuréthane avec un mélange d'agents de polymérisation dans lequel ont été préalablement dispersées des charges spécifiques ;  
- revêtir une surface de support cylindrique (2) en rotation par la coulée  
10 en continu d'un ruban (18) en spires jointives de mélange ainsi obtenu ;  
et à  
- pré-polymériser à pression ambiante le revêtement ainsi obtenu de sorte que ledit polyuréthane devienne suffisamment polymérisé pour être sollicité mécaniquement.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit polyuréthane est à terminaison isocyanate, lesdits agents de polymérisation sont des amines et/ou des polyols et lesdites charges spécifiques sont pulvérulentes ou fibreuses.
- 20 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit polyuréthane est issu de la réaction d'un polyéther avec du diphenyl-méthane-diisocyanate.
- 25 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la coulée en continu dudit ruban (18) de mélange est ajustée de façon à obtenir un revêtement d'épaisseur variable sur toute ladite surface de support.
- 30 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le dosage dudit polyuréthane et dudit mélange d'agents de polymérisation et de charges varie de façon à obtenir un premier et au moins un second mélange différent du premier.
- 35 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit revêtement de la surface de support est obtenu par une première coulée

BEST AVAILABLE COPY

---

d'un ruban (18) dudit premier mélange et par au moins une seconde coulée, superposée à la première, d'un ruban dudit second mélange.

5 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'étape consistant à pré-polymériser à pression ambiante ledit revêtement s'effectue à température ambiante.

10 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape d'usinage dudit revêtement pré-polymérisé à un profil extérieur voulu.

15 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de polymérisation dudit revêtement pré-polymérisé.

20 10. Procédé de réalisation d'une structure de propulseur comprenant une enveloppe résistante munie d'un revêtement interne et/ou d'un revêtement externe de protection thermique, caractérisé en ce que ledit revêtement de protection thermique est réalisée selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

25 11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'un revêtement interne de protection thermique est réalisé sur une surface externe d'un mandrin (2), ladite enveloppe résistante du propulseur étant déposée et adhésivée sur une surface externe dudit revêtement de protection thermique.

30 12. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'un revêtement interne de protection thermique est déposé et adhésivé sur une surface interne de ladite enveloppe résistante après l'obtention de cette dernière.

35 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce qu'un revêtement externe de protection thermique est déposé et adhésivé sur une surface externe de ladite enveloppe résistante.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que l'adhésion entre ladite enveloppe résistante et le ou les revêtements de protection thermique est réalisée à l'aide d'un agent d'adhésion.

5

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que l'adhésion entre ladite enveloppe résistante et ledit revêtement de protection thermique est réalisée à l'aide d'un film de polyuréthane adhésif obtenu par coulée en continu d'un ruban en spires jointives.

10

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que ladite enveloppe résistante du propulseur est métallique.

15

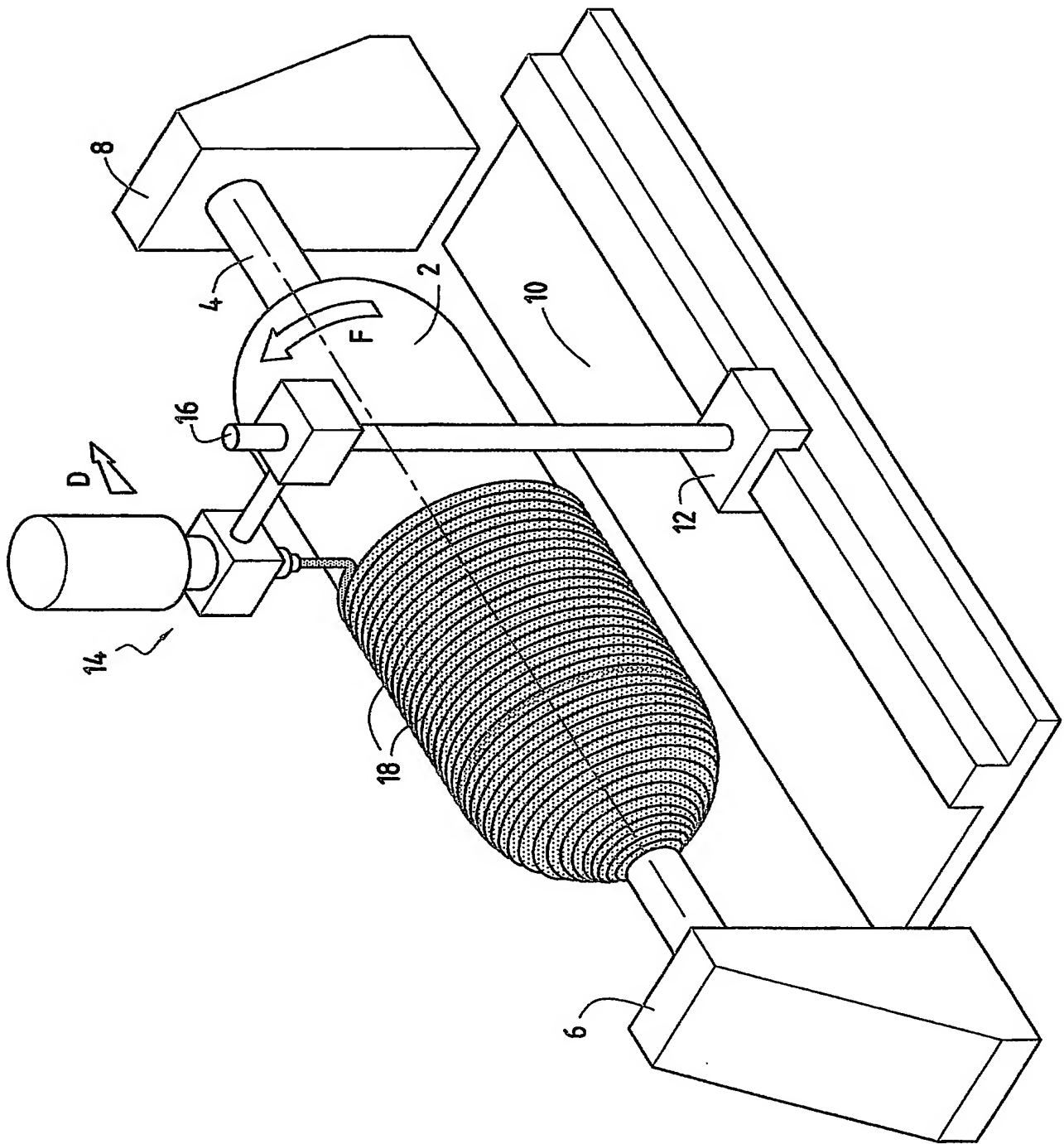
17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que ladite enveloppe résistante du propulseur est obtenue par enroulement filamentaire d'un matériau fibreux préimprégné.

20

18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que le ou les revêtements de protection thermique et ledit enroulement filamentaire sont simultanément polymérisés.

25

19. Structure de propulseur à propergol solide, caractérisée en ce qu'elle est réalisée selon l'une quelconque des revendications 10 à 18.



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg


75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		H27270/655 OB	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0216905	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
Procédé de réalisation d'un revêtement de protection thermique d'une structure de propulseur			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
SNECMA PROPULSION SOLIDE			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		BOURDONCLE	
Prénoms		Jacques	
Adresse	Rue	2 rue des Mimosas	
	Code postal et ville	33160	SAINT AUBIN DU MEDOC
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		COUPARD	
Prénoms		Alain, René	
Adresse	Rue	7 allée de l'Estivette	
	Code postal et ville	33650	LA BREDE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		 <b>Jean-Jacques JOLY</b> N° CPI 92-110	
23 janvier 2003		<b>cabinet beau de lomélie</b> 158, Rue de l'Université 75340 PARIS CEDEX 07	

**BEST AVAILABLE COPY**